

团体标准

T/SHV2X 5—2025

支持低空智联网服务的5G网络规划建设技术规范

Technical specification for 5G network planning and construction to support low-altitude intelligent network services

2025 - 05 - 30 发布

2025 - 05 - 30 实施

上海市车联网协会 发布

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 2

5 低空行业应用场景分类及对网络能力的要求 2

 5.1 低空应用场景分类 2

 5.2 低空应用场景对网络能力的要求 4

6 低空智联网架构与功能要求 4

 6.1 低空智联网架构 5

 6.2 低空智联网功能要求 5

7 低空5G/5G-A通信网络架构、组网要求与测试方法 6

 7.1 低空5G/5G-A通信网架构 6

 7.2 低空5G/5G-A通信组网要求 6

 7.3 低空5G/5G-A通信网测试方法 8

8 低空5G/5G-A感知网络架构、组网要求与测试方法 9

 8.1 低空5G/5G-A感知组网架构 9

 8.2 低空5G/5G-A感知组网要求 10

 8.3 低空5G/5G-A感知网测试方法 10

9 面向低空服务的智联网安全要求 11

 9.1 面向低空服务的整体网络安全要求 11

 9.2 低空终端安全管理要求 11

 9.3 数据安全要求 12

 9.4 通信安全要求 13

 9.5 业务应用安全要求 13

 9.6 网络安全管理要求 14

附 录 A 14

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海市车联网协会提出并归口。

本文件起草单位：上海市通信管理局、中国电信股份有限公司上海分公司、中国民用航空华东地区空中交通管理局、中国移动通信集团上海有限公司、中国联合网络通信有限公司上海市分公司、中国铁塔股份有限公司上海市分公司、东方有线网络有限公司、中广电移动网络有限公司上海分公司、上海民航华东空管工程技术有限公司、上海民航华东通信网络发展有限公司、南京航空航天大学、中国电信股份有限公司研究院、上海邮电设计咨询研究院有限公司、中国信息通信研究院华东分院

本文件主要起草人：张儒申、许锐、许向东、张晨、贾子晔、陈秀真、马寅生、王彦、陈云帆、马川和、钱小康、李瑞旻、韩晓文、吴启晖、王琦、徐璟皓、岳明、昌炯、金卫华、叶志栋、钟汶含、李俊杰、代锋利、姚笛、陈思聪、邓敏、林晓令、邓勇、卢洪涛、徐之兵、俞连浦、程倩倩、钱蔚然、欧阳键、刘天亮、吴泳澎、何浩、陆毅、吕泽芳、潘正、周吉、严昶、王杉、云水怒、张绍志、万林、王磊、颜卫忠、姜文泳、滕风麟、陆恒、张卢华、丁睿、蒋振伟、靳宏圆、郭文琦、刘丽、茹伟光、崔梦媛、胡莉莉、李俊、杨俊、袁莹颖、陶俊、马洪凯、梁朝晖、夏志科、陈哲、李建华、韩雪、李刚、朱道也、王玮、张斌、郭润清、于娜娜、姜滢、周剑、刘金龙、王春晖、杨森、陈健、刘杨、李引、胡力旗、李勋宏、屠方泽、王浩文、史业清、王世鹏

本文件支持单位（排名不分先后）：中国信通院低空经济研究中心、上海市公安局治安管理总队、上海市金山区数据局、复旦大学、上海交通大学、同济大学、南京邮电大学、上海临港北京大学国际科技创新中心、上海邮政信息技术中心、中汽研汽车科技（上海）有限公司、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司、中移（成都）信息通信科技有限公司、上海垣信卫星科技有限公司、中国航天科技集团有限公司空域融合通信技术研发中心、创远信科（上海）技术股份有限公司、工业互联网创新中心（上海）有限公司、联想（上海）电子科技有限公司、山东泽鹿安全技术有限公司、上海迪爱斯信息技术有限公司、上海金桥信息股份有限公司、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司、上海泰峰检测认证有限公司、上海纬创立时空信息科技有限公司、上海优味网络科技有限公司、上海众执芯信息科技有限公司、天维讯达（上海）通信科技有限公司。

引 言

低空经济作为一种新兴的综合性经济形态，以有人驾驶和无人驾驶航空器的各类低空飞行活动为牵引，广泛辐射并带动相关领域的融合发展。复杂的低空环境以及多样化的特定场景需求，使得稳定可靠的低空智联网成为低空经济不可或缺的关键支撑。低空智联网凭借其先进的技术架构，通过5G/5G-A网络技术及与其他技术的融合满足低空飞行器通信、导航和监管等方面的应用需求。

为持续发挥标准引领作用，满足产业发展需求，在上海市通信管理局的指导下开展本文件的编写工作。本文件聚焦低空智联网建设需求，分析不同业务场景与基本应用之间的对应关系，系统性提出基于5G/5G-A网络的规划建设标准，并明确5G/5G-A网络建设的各项技术要求，确保网络质量能够充分满足不同低空经济业务场景对于通信、导航和监管等方面的性能要求，为低空智联网建设提供指导和参考。

支持低空智联网服务的 5G 网络规划建设技术规范

1 范围

本文件规定了文中所述场景中支持低空智联网的5G/5G-A网络规划建设要求，提出包括低空行业应用场景分类及对网络能力的要求、低空智联网架构与功能要求、低空5G-A通信网络架构与组网要求、低空5G-A感知网络架构与组网要求，面向低空服务的智联网安全要求。

本文件适用于600米以下的低空物流运输、低空应急救援、低空文旅、低空智慧城市以及低空载人交通场景的5G/5G-A通信和感知服务。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 8702-2014 电磁环境控制限值

GB/T 43697 数据安全技术数据分类分级规则

YD/T 3628 5G移动通信网安全技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 低空物流运输 low-altitude logistics transportation

低空物流运输是指利用航空器进行货物运输、配送及其他相关物流操作，主要包括海岛、跨区、省际、长三角区域等干线物流和商区、校区、园区、社区等末端配送智慧物流。

3.2 低空应急救援 low-altitude emergency rescue

低空应急救援是指利用航空器在自然灾害、事故灾难、公共卫生事件等紧急情况下，快速执行侦查、运输、引导等任务，主要包括药品血液等的医疗急救配送，抗灾抢险现场的灾害信息采集、指挥调度和物资投递，突发应急事件中的疏散引导，灾区应急通信恢复等。

3.3 低空文旅 low-altitude cultural tourism

低空文旅是指利用航空器在低空领域为文化旅游产业提供创新体验、宣传推广或服务优化，通过航空器独特的空中视角、灵活性和科技感，为游客创造沉浸式互动体验，同时提升景区管理效率和品牌影响力；主要包括文旅景点的现场直播、低空区域的商业载人观光、无人驾驶航空器集群的飞行表演等细分场景。

3.4 低空智慧城市 low-altitude smart cities

低空智慧城市是指利用航空器的空中机动能力和数据采集能力，弥补地面设施的不足，为现代城市治理、公共服务等提供智能化解决方案，主要包括对各类设施设备运行情况和现场环境进行的巡查巡检、对城市资源和环境的勘探测绘、农林植保、城市管理的综合治理等。

3.5 低空载人交通 low-altitude manned traffic

低空载人交通是指利用航空器在城市及城际范围内提供安全、高效、低碳的空中客运服务，避免地面交通拥堵的影响，主要包括医患快速转运、载人观光等载人飞行。

3.6 真高 true height

真高指的是无人机飞行高度与其在地面投影的实时高度距离。

3.7 无人驾驶航空器远程识别技术 remote identification technology for unmanned aerial vehicles

无人驾驶航空器远程识别的技术分为网络远程识别和广播式远程识别。广播式远程识别采用Wi-Fi信标或蓝牙广播协议发送无人机信息报文供监管方识别。网络式远程识别则是无人机通过搭载的网络通信模块实现报文传送，供监管方识别。

3.8 无线电侦测技术 radio detection technology

无人机无线电侦测技术是一种利用到达时间差(TDOA)和到达角度(AOA) 定位方法实现对无人机进行精确定位的方法。

3.9 上行 UP

上行是指数据从终端设备发送到网络或服务器。

3.10 下行 DOWN

下行是指数据从网络或服务器传送到终端设备。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

缩略语	中文全称	英文全称
3GPP	第3代合作伙伴计划	the 3rd Generation Partnership Project
5G	第五代移动通信技术	the 5th Generation Mobile Communication Technology
5G-A	5G网络的演进和增强版本	5G Advanced
5GC	5G核心网	5G Core
AAU	有源天线单元	Active Antenna Unit
AOA	到达角度	Angle of Arrival
FDD	频分双工	Frequency Division Duplex
NTN	非地面网络	Non Terrestrial Network
PING	因特网包探索器	Packet Internet Grope
RID	无人驾驶航空器远程识别	Remote ID
RSRP	参考信号接收功率	Reference Signal Receiving Power
RTK	实时动态差分定位	Real Time Kinematic
SF	感知功能	Sensing Function
SINR	信号与干扰加噪声比	Signal to Interference plus Noise Ratio
SSB	同步信号块	Synchronization Signal Block
TDD	时分双工	Time Division Duplex
TDOA	到达时间差	Time Difference of Arrival
UPF	用户面功能	User Plane Function

5 低空行业应用场景分类及对网络能力的要求

5.1 低空应用场景分类

5.1.1 低空物流运输场景

低空智联网应支持的低空物流运输场景基本功能需求与对应技术要求如表1所示。

表 1 低空物流运输细分应用场景基本功能需求与技术要求

细分应用场景	功能需求							起降精度	飞行精度	推荐真高(m)	算力部署要求	避障精度要求
	远程飞控	高清视频	4K视频	8K视频	音频广播	多媒体数据流	通信中继					
末端配送	√		√		√			厘米级	米级	120	端侧、云侧	厘米级
干线物流	√		√					亚米级	米级	300	端侧、云侧	米级

5.1.2 低空应急救援场景

低空物联网应支持的低空应急救援场景基本功能需求和对应技术要求如表2所示。

表 2 低空应急救援细分应用场景基本功能需求与技术要求

细分应用场景	功能需求							起降精度	飞行精度	推荐真高(m)	算力部署要求	避障精度要求
	远程飞控	高清视频	4K视频	8K视频	音频广播	多媒体数据流	通信中继					
医疗急救配送	√		√		√			厘米级	米级	120	端侧、云侧	厘米级
现场灾害采集	√	√					√	亚米级	米级	300	端侧、云侧	米级
应急疏散引导	√	√			√		√	亚米级	米级	120	端侧、云侧	米级
应急通信恢复保障	√						√	亚米级	米级	300	端侧	米级

5.1.3 低空文旅场景

低空物联网应支持的低空文旅场景基本功能需求与对应技术要求如表3所示。

表 3 低空文旅细分应用场景基本功能需求与技术要求

细分应用场景	功能需求							起降精度	飞行精度	推荐真高(m)	算力部署要求	避障精度要求
	远程飞控	高清视频	4K视频	8K视频	音频广播	多媒体数据流	通信中继					
文旅直播	√		√					亚米级	米级	120	端侧	米级
低空观光	√					√		亚米级	米级	300	端侧	米级
飞行表演	√							厘米级	厘米级	300	端侧、云侧	厘米级

5.1.4 低空智慧城市市场景

低空物联网应支持的低空智慧城市市场景基本功能需求与技术要求如表4所示，其中勘测测绘根据测绘精度要求的不同，对航空器飞行精度的要求有所不同。

表 4 低空智慧城市细分应用场景基本功能需求与技术要求

细分应用场景	功能需求							起降精度	飞行精度	推荐真高(m)	算力部署要求	避障精度要求
	远程飞控	高清视频	4K视频	8K视频	音频广播	多媒体数据流	通信中继					
巡查巡检	√		√			√		亚米级	米级	300	云侧	米级
勘测测绘	√			√				厘米级	厘米级	300	端侧	米级

农林植保	√		√					亚米级	米级	300	端侧、云侧	米级
综合治理	√		√		√	√		亚米级	米级	120	云侧	米级

5.1.5 低空载人交通场景

低空智联网应支持的低空载人交通场景的基本功能需求 and 对应技术要求如下表5所示：

表 5 载人交通应用场景基本功能需求与技术要求

细分应用场景	功能需求							起降精度	飞行精度	推荐真高(m)	算力部署要求	避障精度要求
	远程飞控	高清视频	4K视频	8K视频	音频广播	多媒体数据流	通信中继					
载人飞行	√		√			√		亚米级	米级	300	端侧	米级

5.2 低空应用场景对网络能力的要求

5.2.1 低空通信

低空智联网应满足的通信性能要求如下表6所示：

表 6 通信性能

低空业务功能技术要求	下行		上行		可靠性(%)
	数据传输速率(Mbps)	端到端延时(ms)	数据传输速率(Mbps)	端到端延时(ms)	
远程飞控	0.3	100	0.3	100	99.999
高清视频	--	--	5	500	99.9
4K视频	--	--	25	500	99.9
8K视频	--	--	100	500	99.9
音频广播	0.2	100	--	--	99
多媒体数据流	25	500	5	500	99.9
通信中继	100	500	100	500	99.9
飞行表演、载人飞行	--	20	--	20	99.9
飞行中需通过机载传感及多媒体设备实时传输的其他数据	25	--	5	--	99.9

5.2.2 低空导航

低空智联网应具备为低空应用方提供导航服务的能力，导航服务精度应满足相应场景飞行器在起降、飞行、避障各阶段的精度要求，具体要求详见5.1。

5.2.3 低空监管

低空智联网应具备为低空监管方提供监管服务的能力，监管服务感知的精度要求应达到米级。按需支持目标探测，目标识别，目标跟踪等能力。

6 低空智联网架构与功能要求

6.1 低空智联网架构

低空智联网应按照图1构建架构体系，满足下列要求。

- a) 应融合5G/5G-A通信、卫星通信等技术满足低空通信功能要求；
- b) 应融合卫星定位、实时动态差分定位(RTK)等技术满足低空导航功能要求；
- c) 应融合5G/5G-A感知、无人驾驶航空器远程识别(RID)、低空监测雷达、无线电侦测，光电等技术，满足监管功能要求。

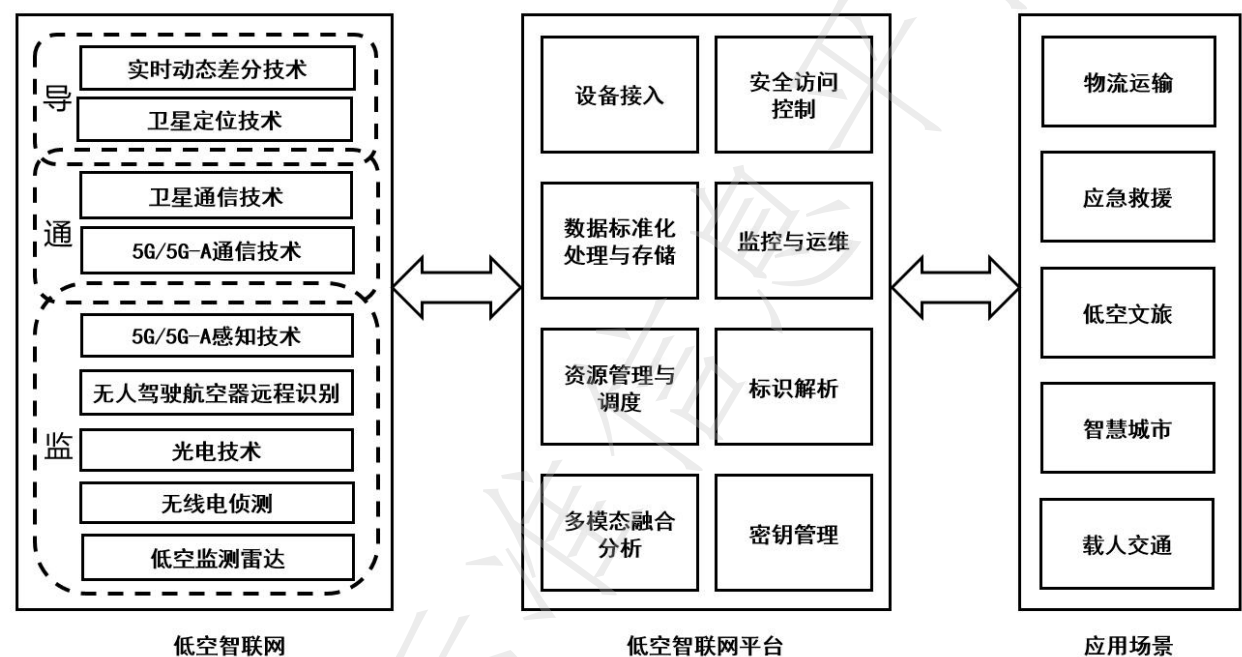


图 1 低空智联网总体架构图

6.2 低空智联网功能要求

6.2.1 低空通信融合功能要求

低空智联网宜融合5G/5G-A通信与卫星通信技术，通过提供如下协同能力来满足低空通信需求：

- a) 连续服务能力要求

600米以下低空空域宜采用5G/5G-A通信网技术提供通信能力。对于部分5G/5G-A通信覆盖未达标的区域，应提供回落到4G网络后的通信能力；

600米以上以及偏远、海域等5G/5G-A通信网未能有效覆盖的区域宜采用卫星通信技术提供通信能力；

- b) 低时延切换要求

5G/5G-A通信网与卫星通信网的连接需要快速切换机制应遵循参考3GPP相关NTN标准，确保低空设备在卫星切换时通信不中断；

- c) 兼容性与标准化要求

5G/5G-A通信网、卫星通信网应兼容低空智联网平台数据接口协议，确保能够支持数据层面的平台汇聚处理

- d) 成本与可持续性

5G/5G-A通信网、卫星通信网需优化能源效率，支持太阳能等可再生能源，减少碳排放。

6.2.2 低空导航融合功能要求

针对航空器起降、航空器飞行、航空避障三种工作状态，低空智联网宜融合卫星定位和实时动态差分定位等技术特点满足不同精度要求的导航需求。

对于复杂飞行环境，航空避障可选择采用集中AI自动避障的飞行控制模式，无人驾驶航空器通过机载的摄像头或激光雷达将数据回传到边缘节点，使用边缘节点的AI能力，提供AI辅助飞控。

6.2.3 低空感知融合功能要求

低空智联网宜融合5G/5G-A感知、无人驾驶航空器远程识别、低空监测雷达、无线电侦测，光电等技术，通过提供如下协同能力来满足监管功能要求：

a) 成本与服务能力要求

低空智联网可结合部署场景特点与部署成本，采用5G-A感知网技术、无人驾驶航空器远程识别、低空监测雷达、无线电侦测、光电等技术，提供重点区域的感知能力；

b) 兼容性与标准化要求

5G-A感知网技术、无人驾驶航空器远程识别、低空监测雷达、无线电侦测、光电等技术应兼容低空智联网平台数据接口协议，确保能够支持数据层面的平台汇聚处理

c) 环境安全要求

低空智联网在选择感知技术时应满足部署区域对电磁环境的要求，具体要求可参照中华人民共和国国家标准《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；

7 低空 5G/5G-A 通信网络架构、组网要求与测试方法

7.1 低空 5G/5G-A 通信网架构

5G/5G-A通信网应由通信基站、承载网、核心网组成。通信基站应采用5G/5G-A通信基站，负责无线信号的覆盖，承载网宜采用光纤网络，提供高速、低时延和高带宽的传输服务，承载低空飞行器的数据流量，并确保数据能够稳定、低时延地传输到核心网。核心网承担用户身份认证、网络接入控制、移动性管理以及服务质量控制等核心功能。5G/5G-A通信网应采用UPF下沉、边缘计算以及网络切片等方式，保障低空业务体验，提升数据安全性。

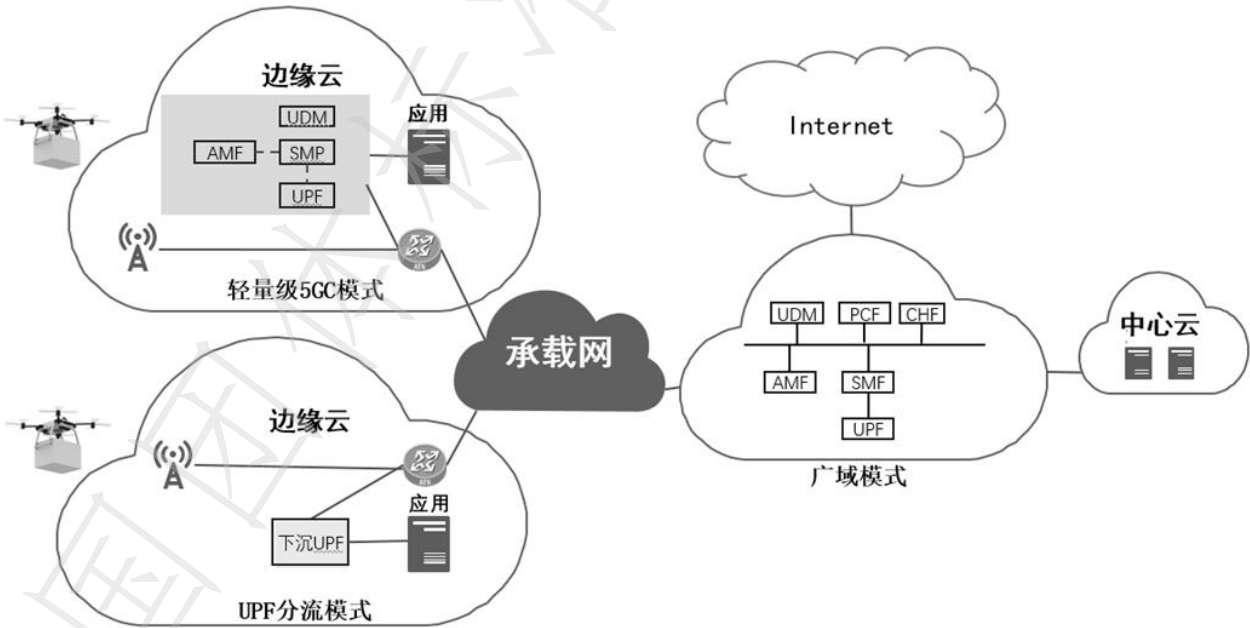


图2 低空 5G/5G-A 通信网络架构图

7.2 低空 5G/5G-A 通信组网要求

7.2.1 频率选择要求

目前5G/5G-A室外有多个频段，对应特征如下表7所示：

表7 5G/5G-A 通信网频率表

频段号	上行频段 范围（MHz）	下行频段 范围（MHz）	带宽 （MHz）	双工模式	上行流数
-----	-----------------	-----------------	-------------	------	------

n79	4400-5000	4400-5000	160	TDD	2
n78	3400-3600	3400-3600	200	TDD	2
n41	2496-2690	2496-2690	160	TDD	2
n1	1920-1980	2110-2170	40*2	FDD	2
n8	880-915	925-960	10*2	FDD	1
n5	824-849	869-894	10*2	FDD	1
n28	703-748	758-803	30*2	FDD	1

当采用地面网络频段作为低空通信时，需要考虑与地面网络同时工作时互相干扰问题。毫米波频段未正式颁发商用牌照，应根据《26GHz频段5G毫米波频谱开发利用与技术创新指南》实现26GHz频段通信组网。

7.2.2 波束设计要求

波束设计应配置垂直多层SSB波束实现对空覆盖，提高垂直覆盖能力，实现对空覆盖。

以7波束异频组网“4+3”波束配置为例，应兼顾地面和低空覆盖，其中4个波束对地，兼顾地面网覆盖与容量，同时3个SSB波束对空，供无人驾驶航空器低空通信，“4+3”波束配置时频域下图3所示：

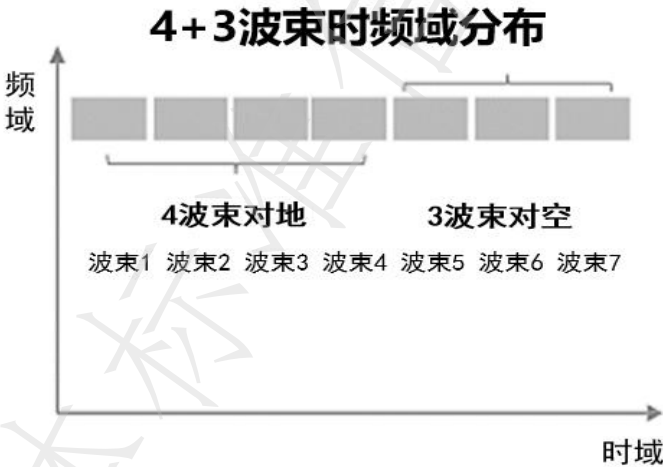


图3 “4+3”波束配置时频域分布图

“4+3”波束配置时空域如下图4所示：



图4 “4+3”波束配置空间分布图

7.2.3 无线组网要求

可通过复用现网或新建5G基站实现低空覆盖。

- a) 飞行区域在120米以下且数据传输带宽需求不高的场景，宜复用现网方式，通过配置帧结构、波束、差异化配置SSB资源等射频参数实现低空覆盖和干扰规避，优化地面与低空信号切换与覆盖协同。
- b) 飞行区域在120米至300米或数据传输带宽需求较高的场景，宜复用现网站点、增加专用载波来实现低空覆盖。或复用现网设备、差异化配置SSB资源，并结合帧结构、波束等射频优化实现低空覆盖和干扰规避。

c) 飞行区域在300米至600米，宜新增对空独立基站模块，建立对空覆盖专网来实现低空覆盖。

表 8 低空无线组网要求

高度	基站部署基本要求	应用场景举例
小于120米	对现网基站优化，部分波束方向修正向上或者使用低空专用天线实现分层覆盖	末端配送 医疗急救 应急疏散引导 文旅直播 综合治理
大于120米小于300米	扩容现网基站，利用专用载波实现低空虚拟专网	干线物流 巡查巡检 农林植保
大于300米小于600米	新增对空独立模块，建立对空覆盖专网	

7.2.4 承载网要求

承载网宜采用光传输技术，提供高速、低时延和高带宽的传输服务。

7.3 低空 5G/5G-A 通信网测试方法

7.3.1 总体要求

测试评估应包括测试线路、覆盖测试、吞吐率测试和时延测试，如下表9所示：

表 9 低空场景网络质量验收测试项目及内容

序号	测试项目	测试内容	测试说明
1	低空覆盖和吞吐率测试	RSRP和SINR	测试线路上的覆盖情况
		上下行吞吐率	测试线路上下行吞吐率
2	低空Ping包时延	Ping包时延	测试线路上的Ping包时延
		Ping包成功率	测试线路上的Ping包成功率

7.3.2 低空覆盖和吞吐率测试方法

a) 测试区域选择

在飞行测试时，有明确航道的，飞行路径应遍历所有航道。没有明确航道的，需在申请许可规定的高度下遍历全部测试区域，并通过所有被测基站正上方区域。组网多小区通信飞行测试路径示意图如下图5所示。图中标识出贯穿测试区域的飞行路径标号建议。

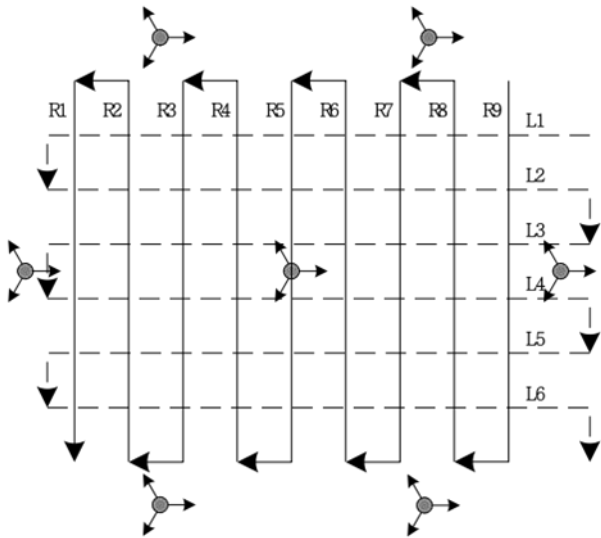


图 5 低空飞行测试路径示意图

- b) 预置条件
- 1) 全部通信基站正常开通;
 - 2) 测试空域无遮挡;
 - 3) 通信设备工作正常, 打开轨迹融合和去重功能;
 - 4) 无人驾驶航空器飞行速度为5m/s;
 - 5) 无人驾驶航空器飞行线路为测试规划的飞行线路。
- c) 测试步骤
- 1) 在无人驾驶航空器上开启5G测试终端, 无人驾驶航空器在测试高度以5m/s飞行速度沿规划路线飞行, 在测试线路上开展遍历测试;
 - 2) 测试终端进行满buffer下行TCP业务, 下载文件大小50G。记录吞吐率、RSRP、CQI、SINR、MCS、MIMO方式等信息;
 - 3) 测试终端进行满buffer上行TCP业务, 上传文件大小5G, 重复上述2步骤。
- d) 验收指标记录
- 在测试时段内电平、SINR、下行速率、上行速率的最小值、最大值、平均值以及PDF/CDF分布曲线。

7.3.3 低空 Ping 包时延测试方法

测试区域与预置条件参考7.3.2。

a) 测试步骤

- 1) 在无人驾驶航空器上开启5G测试终端, 无人驾驶航空器在测试高度以5m/s飞行速度沿规划路线飞行, 在测试线路上开展遍历测试;
 - 2) 测试终端接入系统, 向服务器地址进行Ping测试。
- b) 验收指标记录
- 在测试时段内时延的最小值、最大值、平均值以及PDF/CDF分布曲线, Ping包成功率和可靠性。

8 低空 5G/5G-A 感知网络架构、组网要求与测试方法

8.1 低空 5G/5G-A 感知组网架构

5G/5G-A感知网应由感知基站、承载网、核心网组成。感知基站应采用5G/5G-A感知基站, 负责无线信号的覆盖, 承载网宜采用光纤网络, 提供高速、低时延和高带宽的传输服务, 承载感知数据流量, 并确保数据能够稳定、低时延地传输到核心网。感知核心网利用SF网元实现感知流程和任务控制、感知数据处理上报。

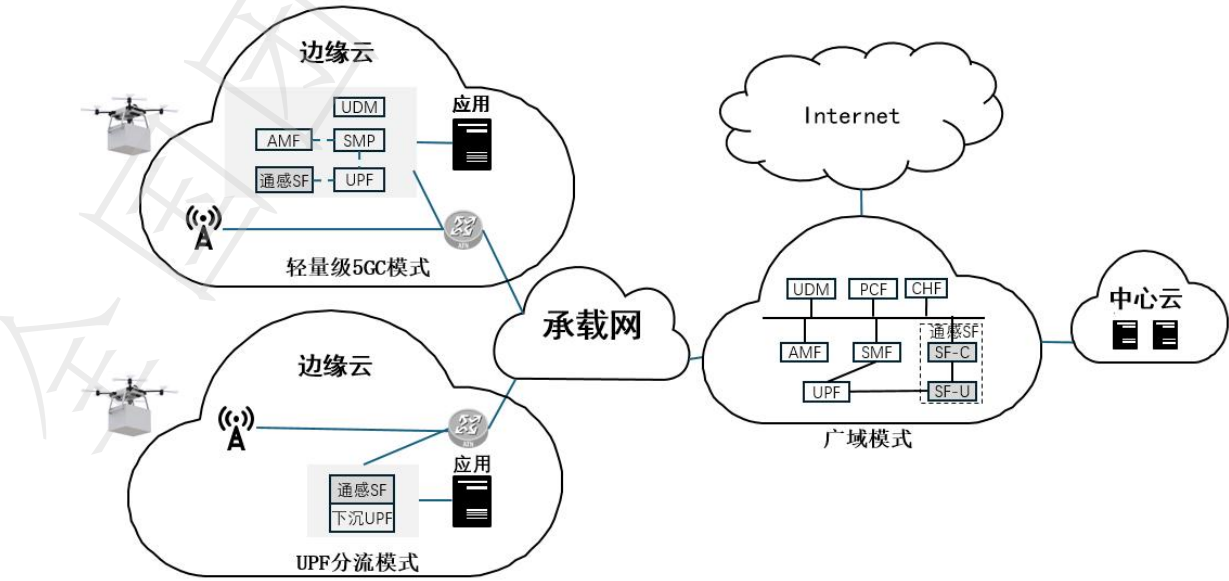


图 6 5G/5G-A 感知网络架构图

8.2 低空 5G/5G-A 感知组网要求

8.2.1 频率选择要求

宜采用尽可能高的频率资源用于感知组网，以提高感知精度。
应根据《26GHz 频段5G毫米波频谱开发利用与技术创新指南》实现26GHz 频段感知组网。

8.2.2 无线组网方案要求

低空感知网络组网可采用线状、蜂窝状、鳞状等结构，通过承载网与5G核心网互联。
感知基站负责感知对象数据测量。感知基站的感知数据与信令数据通过承载网传回核心网的感知网元。

8.2.3 承载网要求

承载网宜采用光传输技术，提供高速、低时延和高带宽的传输服务。

8.3 低空 5G/5G-A 感知网测试方法

8.3.1 总体要求

测试评估应包括感知距离精度，速度精度，轨迹跟踪精度，如下表10所示：

表 10 感知场景网络质量验收测试项目及内容

序号	测试项目	测试内容	测试说明
1	飞行数据	每个样本点的时间戳，经纬度，高度，速度等	测试用户在测试线路上每个样本点的时间戳，经纬度，高度，速度等
2	飞行感知数据	每个感知样本点的感知时间、感知距离、感知位置和感知速度	测试用户在测试线路上每个感知样本点的感知时间、感知距离、感知位置和感知速度
3	基站感知数据	每个感知样本点的感知时间、感知距离、感知位置和感知速度等	测试用户在测试线路上每个感知样本点的感知时间、感知距离、感知位置和感知速度等
4	飞行感知精度计算	计算每次飞行的感知距离精度，速度精度，轨迹跟踪精度	测试用户在测试线路上计算每次飞行的感知距离精度，速度精度，轨迹跟踪精度

8.3.2 低空感知测试方法

a) 测试区域

感知飞行测试时，有明确航道的，飞行路径应遍历所有航道。没有明确航道的，需在申请许可规定的高度下遍历全部测试区域，并通过所有被测基站正上方区域。组网多小区感知飞行测试路径示意图如下图7所示。图中也标识出贯穿测试区域的飞行路径标号建议。

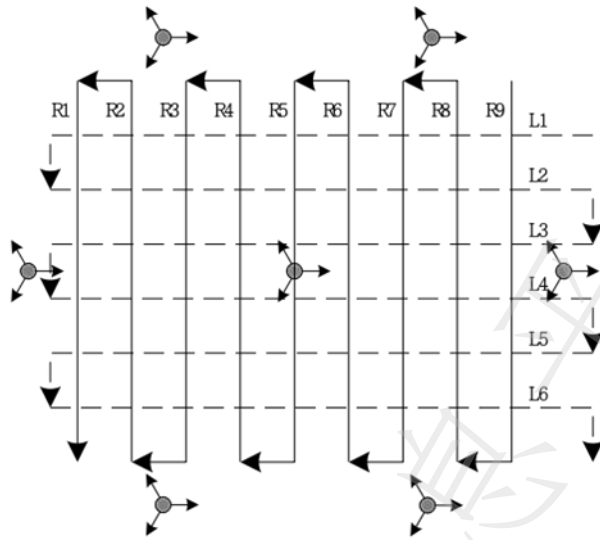


图 7 感知飞行测试路径示意图

b) 预置条件

- 1) 全部感知基站正常开通;
- 2) 测试空域无遮挡;
- 3) 感知设备工作正常, 打开轨迹融合和去重功能;
- 4) 无人驾驶航空器飞行速度为5m/s;
- 5) 无人驾驶航空器飞行线路为测试规划的飞行线路。

c) 测试步骤

- 1) 无人驾驶航空器在测试高度以5m/s飞行速度沿规划路线飞行, 遍历整个测试区域;
- 2) 重复测试上述1, 按采样频率每秒1次, 直至每个飞行高度的有效样本点数量不少于1200个。

3) 数据记录

记录无人驾驶航空器每次飞行的导出飞行数据, 包括每个样本点的时间戳, 经纬度, 高度, 速度等;

记录无人驾驶航空器每次飞行感知网络的感知数据, 包括每个感知样本点的感知时间、感知距离、感知位置和感知速度;

记录无人驾驶航空器每次飞行每个感知基站的感知数据, 包括每个感知样本点的感知时间、感知距离、感知位置和感知速度, 以及感知波束ID, 感知小区编号。

- 4) 计算每次飞行的感知距离精度, 速度精度, 轨迹跟踪精度;
- 5) 观察感知组网多小区感知场景下轨迹融合与去重效果。

d) 验收指标处理与记录

- 1) 处理并记录感知网络对目标的感知能力, 包括轨迹跟踪精度, 感知范围、感知盲区等;
- 2) 处理并记录感知基站塔顶区域(通感基站周边200m距离)感知性能;
- 3) 处理并记录感知组网多小区感知场景下轨迹融合与去重效果, 给出虚警、漏警指标。

9 面向低空服务的物联网安全要求

9.1 面向低空服务的整体网络安全要求

9.1.1 低空网络安全机制建设要求

应建立面向低时延秒级态势感知需求的低空网络安全机制, 应包括低空终端安全管理要求、数据安全要求、业务应用安全要求、网络安全管理要求。

9.1.2 通信及数据保护要求

应采用国密算法保证低空物联网中数据要素的安全有序流动, 宜使用量子技术作为密钥源。

9.2 低空终端安全管理要求

9.2.1 认证和授权

应遵循YD/T3628《5G移动通信网安全技术要求》中5.1.2节关于认证和授权的要求。

9.2.2 机卡绑定认证

应支持通过5GC EIR功能实现终端与SIM卡绑定。

9.2.3 终端和小区绑定

应支持在5GC分别配置IMSI和TAIlist与园区切片S-NSSAI对应关系，实现专网只允许合法终端接入，且合法终端无法接入专网外网络，形成电子围栏。

9.2.4 非法终端检测

应支持恶意终端入侵的识别，并能够实时上报至安全管理监控平台。

9.2.5 应急恢复机制

发生网络入侵攻击时，应具备快速启动备用恢复机制，力争把影响降至最低。

9.3 数据安全要求

9.3.1 数据分级分类

数据分级分类应符合GB/T43697《数据安全技术数据分类分级规则》。

9.3.2 数据采集

数据采集应满足以下要求。

- 应通过数字证书认证、固件校验及北斗定位校验，确保采集设备合法性与位置真实性。
- 应对敏感信息实施边缘端实时脱敏，去除可识别特征。
- 应采用设备指纹识别与加密传输技术，防止非法设备接入及数据泄露，同步记录采集元数据以实现全程溯源。

9.3.3 数据传输

数据传输应满足以下要求。

- 应使用专用频谱或量子加密隧道传输数据。
- 应采用国密算法、数字签名或量子加密等技术来保证信息系统应用的重要数据在传输过程中的完整性和机密性，宜使用量子技术生成密钥。

9.3.4 数据存储

数据存储应满足以下要求。

- 应构建分层存储架构，边缘节点与云端差异化防护：可采用可信执行环境保障实时数据处理安全，可采用量子加密技术保护长期存储数据。
- 应对敏感数据进行格式转换与标签化管理，关联设备证书有效期实现访问控制。
- 应对存储介质实施物理加密与远程销毁机制，定期备份关键数据并进行容灾设计，防止介质泄露或损坏导致的数据丢失。

9.3.5 数据使用安全

数据使用应满足以下要求。

- 应通过细粒度权限管理限制数据操作范围，结合行为分析系统识别异常访问行为。
- 应对涉及个人隐私或关键业务的数据，采用联邦学习、安全多方计算等隐私计算技术避免原始数据暴露。
- 宜启用双因素认证与数字水印技术，确保操作可审计、泄露可溯源，测试环境通过沙箱隔离数据，防止病毒入侵与滥用风险。

9.3.6 数据共享安全

数据共享应满足以下要求。

- a) 应通过API网关统一管理共享接口，实施速率限制、IP白名单等访问控制。
- b) 共享前应对数据进行脱敏或加密处理，重要数据通过联盟链实现授权节点安全共享，确保使用范围与责任可追溯。
- c) 跨境传输时应符合国家数据出境安全评估要求，通过安全数据交换平台实现合规交互，避免敏感信息非法流通。

9.3.7 数据销毁

数据销毁应满足以下要求。

- a) 应制定标准化销毁流程，针对不同存储介质采用技术手段确保数据不可恢复，无人驾驶航空器退役时远程擦除所有存储数据。
- b) 敏感数据销毁宜第三方监督并验证效果，非实时数据按周期自动归档或删除，归档前进行降密处理，消除残留风险，保障数据生命周期闭环管理。

9.4 通信安全要求

9.4.1 通信链路

通信链路应满足以下要求。

- a) 应采用多链路冗余机制确保通信不中断。
- b) 关键任务通信链路应具备主备链路热备切换能力，链路切换时间不应超过2秒。
- c) 地空通信系统应支持链路状态实时监测，异常链路自动隔离。

9.4.2 通信协议与认证机制

通信协议与认证机制应满足以下要求。

- a) 应采用具备认证与加密机制的通信协议。
- b) 所有通信设备应支持双向身份认证机制。
- c) 通信指令应具备防篡改、防重放机制，确保指令传输完整性与时效性。
- d) 应使用国密算法，宜采用量子技术生成密钥源。

9.4.3 空口通信

空口通信应满足以下要求。

- a) 应具备空口数据流控机制。当基站设备受到大流量攻击时，设备流控机制可有效降低基站复位重启、拒绝服务等风险，提升基站设备的可靠性，确保业务持续正常服务。
- b) 应能检测与识别信号干扰、信道阻塞、伪基站欺骗等行为。
- c) 应具备跳频或频谱感知能力，实现对通信信道的动态避让与自适应调频。

9.5 业务应用安全要求

9.5.1 身份鉴别

身份鉴别应满足以下要求。

- a) 应对面向低空服务的无人系统运维平台、低空飞行监控系统、空域管控系统及数据分析等业务应用的用户进行身份标识和鉴别，且确保身份标识的唯一性，口令等身份鉴别信息具有复杂度要求，并定期更换。
- b) 应对业务平台上的应用具有登录失败处理功能，多次登录失败后应采取结束会话等必要的保护措施。
- c) 用户身份鉴别信息丢失或失效时，宜采用技术措施确保鉴别信息重置过程的安全。

9.5.2 访问控制

访问控制应满足以下要求。

- a) 应对低空服务平台应用提供访问控制功能，对登录的用户分配账户和权限，而且账户授权应遵循最小权限原则，避免过度授权和权限滥用。
- b) 应重命名或删除默认账户，禁用共享账户，及时删除或停用多余、过期账户。

9.5.3 攻击防御

应通过配置应用防火墙、防病毒等对低空服务平台应用进行安全隔离和攻击防御。

9.5.4 安全审计

安全审计应满足以下要求。

- a) 应提供安全审计功能，审计记录应包括事件的日期和时间、用户、事件类型、事件是否成功及其他与审计相关的信息。
- b) 应对审计记录进行保护，避免受到未预期的删除、修改或覆盖等，保证审计数据的真实性和完整性，并对审计数据进行定期备份。
- c) 应确保审计记录的留存时间符合有关法律法规要求。
- d) 应确保审计进程不遭受未经授权的中断。

9.5.5 资源安全管控

应能够对低空服务平台应用的存储资源、计算资源、时延等资源使用情况进行限制，以及资源使用情况进行QoS和SLA管理。

9.5.6 密钥管理

应具有全生命周期密钥管理功能，包括密钥生成、密钥存储、密钥分发、密钥备份、密钥更新、密钥撤销、密钥归档、密钥恢复以及安全管理等。

9.6 网络安全管理要求

9.6.1 组织架构与职责划分

应设立由系统运营方、技术提供方、监管部门代表等组成的网络安全工作部门，并明确角色分工及责任。

9.6.2 安全管理制度

应建立由人员安全、系统建设、系统运维、供应链、系统变更与软件升级、应急响应等组成的管理制度体系，并按照管理制度执行。

9.6.3 低空智联网监管

应为无人飞行器提供码号资源和标识资源，应支持低空5G通信网的监管，应支持无人飞行器的标识身份核验、可信接入、安全溯源、网络质量监测等全流程管理，应支持构建“一机、一码、一号、一人员”的低空无人驾驶航空器接入管理和溯源体系。

附录 A

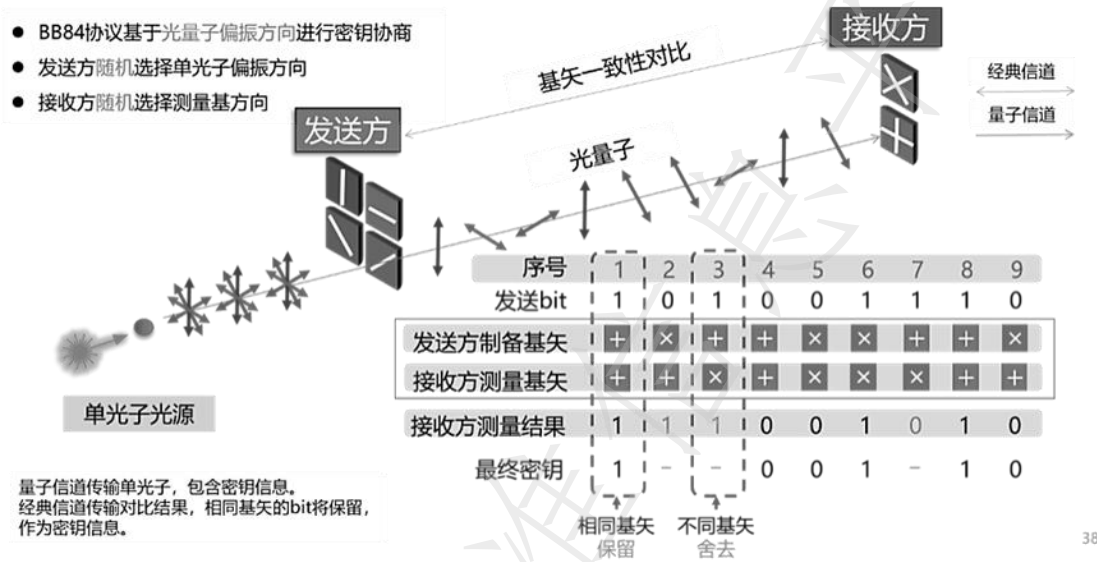
(资料性)

量子加密技术应用技术

A 量子加密技术应用技术

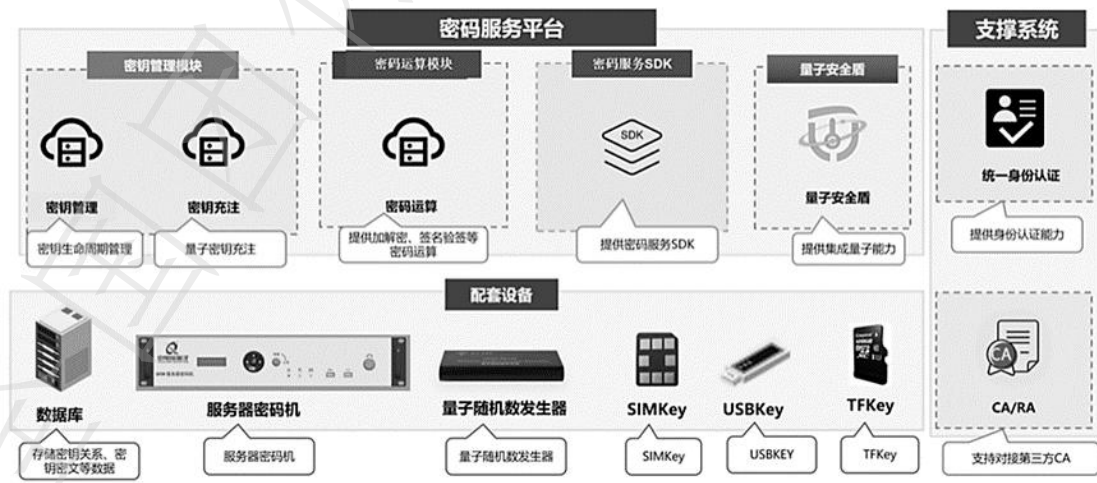
量子加密的方式可采用此两种量子密钥的分发来进行实现，一种是基于QKD的量子密钥分发网，主要应用于数据中心、平台互联的信息保密。另一种是基于量子随机数发生器的量子密码服务平台，主要应用于终端侧到业务平台的数据信息保密。

(1) 基于QKD的量子密钥分发网根据实际通信站点需求产生对称的真随机量子密钥，量子密钥存储在量子密钥管理终端中，量子加解密设备从量子密钥管理终端获取量子密钥，结合密码卡中采用的加密算法（国密或传统加密算法），对数据进行加解密处理。量子密钥分发网基于著名的BB84协议。与经典密码体制不同，量子密钥分发的安全性基于量子力学的基本原理，能让空间分离的用户共享安全的密钥，学术界将这种安全性称之为“信息理论安全”（也可称为“无条件安全”），它指的是拥有严格数学证明的安全性，例如计算能力任意强大的计算机，包括量子计算机。基于QKD的量子密钥分发网如下图A. 1所示：



图A. 1 基于QKD的量子密钥分发网

(2) 量子密码服务平台基于量子随机数发生器、安全存储介质、量子SDK等，将量子密钥扩展至各类前端设备，保证设备在身份认证、数据传输等全流程的数据安全性，为业务提供密钥管理、密码运算服务为高附加值业务提供安全、可靠、可信的密码服务，是一种更加适用于物联网终端的量子加密方式。因此量子安全服务平台也可作为低空经济通感一体平台的密钥分发底座，可提供量子安全服务能力，负责加解密所需的密钥的管理工作，提供对密钥进行全生命周期管理的功能，包括密钥生成、密钥存储、密钥分发、密钥备份、密钥更新、密钥撤销、密钥归档、密钥恢复以及安全管理等。量子随机数发生器的量子密码服务平台结构如下图A. 2所示：



图A. 2 量子随机数发生器的量子密码服务平台